

Pavel ORAVEC¹, Michal HAMALA², Radoslav ŘÍHA³

PROBLEMATIKA PROKRESLOVÁNÍ HMOŽDINEK NA VNĚJŠÍ POVRCH ETICS

**THE PROBLEM WITH DOWELS THAT ARE VISIBLE ON THE OUTER SURFACE
OF THE FACADE IN ETICS**

Abstrakt

Článek je zaměřen na posouzení problematiky nežádoucího vzniku skvrn na vnějším povrchu kontaktního zateplovacího systému (ETICS) za určitých povětrnostních podmínek. V příspěvku je řešen případ, vyskytující se na reálné novostavbě. V první fázi byl vyhodnocen stávající stav a důsledky, v rámci kterých se tato vada vyskytuje. Druhá fáze popisuje návrh a možnosti sanace problému prokreslování hmoždinek na povrchu zateplovacího systému.

Klíčová slova

ETICS, hmoždinka, model teplotních a vlhkostních polí, vady.

Abstract

The article is focused on assessing the problem of unwanted stain on the outer surface of thermal insulation composite systems (ETICS) under certain weather conditions. The paper is dealing with cases occurring in the real new building. In the first stage of evaluating the current situation and its consequences, in which this defect occurs. In the second stage we solve design and fault repair failure of the insulation.

Keywords

Insulation, dowel, model, temperature, humidity, field, failures.

1 ÚVOD

Na mnoha zateplených fasádách velkou tloušťkou izolantu se často objevují skvrny v oblasti hmoždinek po jasných chladných nocích, kdy se vytváří vlivem výměny tepla sáláním s oblohou námraza, která na hmoždinkách není, protože ty tvoří tepelný most. Tyto skvrny mají sice dočasný charakter, nicméně jsou z estetického hlediska často investorem neakceptovatelné. Požadavek vlastníka domu na technické řešení vedoucí ke spolehlivému odstranění problému byl důvod námi řešeného případu.

U vnějších kontaktních zateplovacích systémů (ETICS) se v poslední době setkáváme s problematickými místy v oblasti kotvicích hmoždinek, a to ze tří příčin: [1]

¹ Ing. Pavel Oravec, Ph.D., Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 912, e-mail: pavel.oravec@vsb.cz.

² Ing. Michal Hamala, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 914, e-mail: michal.hamala@vsb.cz.

³ Ing. Radoslav Říha, Katedra pozemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 914, e-mail: radoslav.riha@vsb.cz.

- 1) ustálený teplotní stav – kvantifikace bodových tepelných mostů hmoždinkami;
- 2) neustálený teplotní stav – ozřejmění prokreslování hmoždinek na povrch fasády a způsob jeho zabránění;
- 3) termoprecipitace.



Obr. 1: Skvrny na zateplovacím systému I



Obr. 2: Skvrny na zateplovacím systému II

1.1 Ustálený teplotní stav

Každá hmoždinka prostupuje skrze tepelný izolant, čímž vytváří tepelný most. Význam tohoto tepelného mostu stoupá ze tří důvodů.

1. Vlivem změny normy na zatížení větrem je nutné navrhovat více hmoždinek, v důsledku čehož se zvyšuje množství tepelných mostů.
2. Další důvod představuje skutečnost, že se používají větší tloušťky tepelných izolantů, a tudíž se používají pro kotvení hmoždinky s kovovým rozpěrným trnem.
3. Třetím důvodem pak je, že bodové tepelné mosty hmoždinkami jsou minimálně závislé na tloušťce tepelného izolantu, a proto tam, kde u slabších tepelných izolantů tvořily tepelné mosty hmoždinkami procentuálně malé zhoršení tepelně izolačních vlastností, u větších tloušťek tepelného izolantu je toto procento výrazně větší.

Intenzita tepelného toku v místě hmoždinky je dána nejen jejím typem a tloušťkou tepelného izolantu, ale také hloubkou ukotvení do podkladu a samozřejmě i konstrukcí, do níž je hmoždinka kotvena.

1.2 Neustálený teplotní stav

Problematika prokreslování hmoždinek na vnější povrch omítky (hovorově nazýváno jako dalmatinový efekt) je stav, kdy se za určitých tepelně vlhkostních předpokladů projeví na fasádě zřetelně místo jejich ukotvení (obr. 1, obr. 2). Tento stav je zpočátku pouze dočasný, ale může se stát i trvalým, neboť v místě kondenzace hrozí riziko zvýšeného růstu plísní, či se zde může zachytávat prach. Správně zabudovaná hmoždinka je mírně vmáčknutá do tepelného izolantu tak, aby talíř hmoždinky s tepelným izolantem lícovál. I toto osazení způsobuje, že v místě hmoždinky je pod omítkou hmota o větší tepelně akumulaci schopnosti než v okolí. Při aplikaci kotev na stavbě velmi často dochází k tomu, že hmoždinka není přesně zalícována s tepelným izolantem, ale je zapuštěna mírně pod povrch a zbývající část je pak přestěrkována lepidlem. Zde je důsledkem větší tepelný most i větší tepelně akumulaci schopnost v místě hmoždinky.

Z dokumentu [1] vyplývá, že překrytí talíře hmoždinky tepelným izolantem způsobuje, že vliv hmoždinky na rozdílnou povrchovou teplotu vyvolanou změnou teploty exteriéru není prakticky žádný, a tudíž překrývání hmoždinek vede k zabránění tzv. dalmatinového efektu.

1.3 Termoprecipitace [7]

Prostor kolem nás tvoří plynné disperzní prostředí tvořené vzduchem s podílem kapalných a pevných fází, organického a anorganického původu. Tato směs plynných, kapalných a pevných fází

se nazývá **aerosol**. Protože nemá v prostoru kolem nás vše stejnou teplotu, musíme na základě termodynamické rovnováhy počítat se vznikem teplotního gradientu, který zpravidla způsobí pohyb celého aerosolu. **Termodifúze** je prostup tepla přes pórovitou hmotu (v našem případě stavební materiál konstrukce) a **termoformace** závisí jen na rozdílu teplot.

Na teplejším místě získávají částice aerosolu více tepla a molekuly vzduchu větší kinetickou energii. Molekuly vzduchu více narážejí na částice v aerosolu a tak je posunují do chladnějšího místa. Pokud je chladnějším místem povrch nějakého tělesa, částice mu při nárazu na něj mohou své teplo a energii předat a pak zde dojde k jejich usazení. Tento děj se odehrává od teplotních rozdílů v řádech desetin stupně a nazývá se **TERMOPRECIPITACE**.

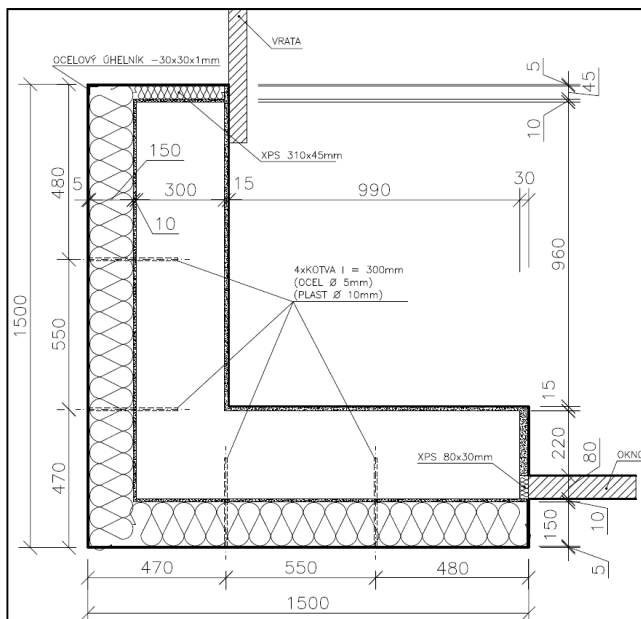
Důsledkem termoprecipitace jsou např. prachové mapy nad otopnými tělesy u stěn, ale také **prokreslení spár, kotev** nebo nosné konstrukce (systémových tepelných mostů) **na vnitřní i vnější straně** zejména **obvodových stěn**. Z výše popsaných fyzikálních principů vyplývá, že minimalizováním (vyloučením) rozdílných teplot na fasádě (v našem případě zabráněním vzniku bodových tepelných mostů) můžeme snížit popř. vyloučit výskyt skvrn na fasádě. Tato problematika je popsána v kapitole 3. Tohoto příspěvku.

2 SKLADBA STĚNY

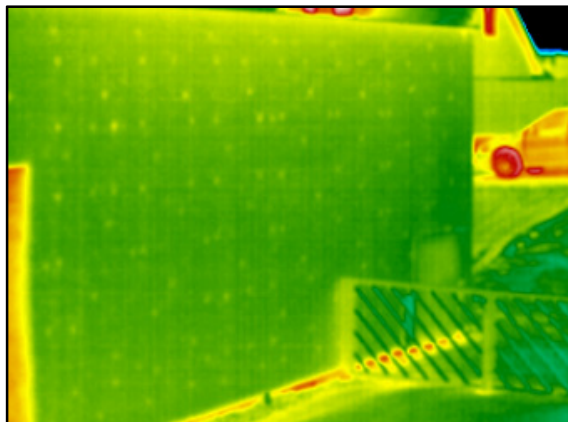
Na základě projektové dokumentace a dodaných podkladů byla zjištěna následující skladba stěny, (řazeno od interiéru) [2]:

- Omítka Porotherm 15 mm
- Tvárnice Porotherm 30 P+D
- Zateplení Bautherm EPS 70F tl. 150 mm, $\lambda = 0,037$
- Lepicí stěrka Ritmospachtel + armovací tkanina 3 mm $\mu = 37$
- Omítka Knauf Silikonharzputz 2mm $\mu = 37$

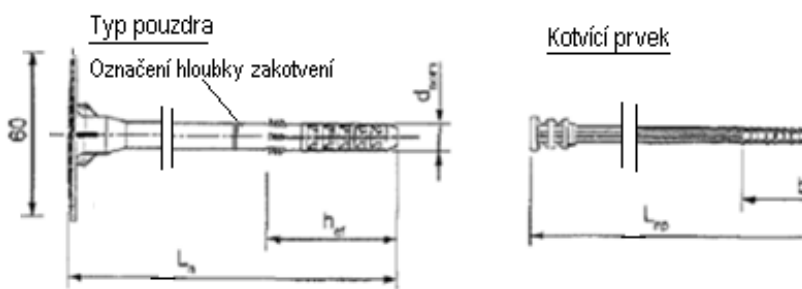
Vnější kontaktní zateplovací systém ETICS je lepený a mechanicky kotvený. Kotvení bylo provedeno hmoždinkami WKŘET-MET-LTXØ10 mm viz Obr. 5.



Obr. 3: Náčrtek koutu (původní stav)



Obr. 4: Termovizní snímek fasády



Obr. 5: Použité hmoždinky WKRET-MET-LTXØ10mm

3 NÁVRH OPATŘENÍ VEDOUČÍ K ODSTRANĚNÍ PROBLÉMU

Na základě konzultace s projektantem a dalšími odborníky a za využití dat zjištěných termografickým měřením a modelováním tepelných a vlhkostních polí byly definovány následující možnosti stavebních úprav vedoucích k řešení problému.

3.1 Demontáž stávajícího ETICS a nahrazení novým s eliminací tepelných mostů

Tato radikální varianta počítá s mechanickým odstraněním stávajících vrstev ETICS, tj. polystyrenu Bautherm EPS 70F tl. 150 mm včetně lepicí stěrky Rítmospachtel a armovací tkaniny, na nichž je nanесena finální omítka Knauf Silikonharzputz včetně příslušenství (rohovníky, ukončovací lišty, parapety atp.).

Kritické předpoklady demontáže:

1. Možné poškození tvárnic nosného obvodového pláště z tvárnic Porotherm 30 P+D při odstraňování (vytrhávání) kotev a při odstraňování (vytrhávání) kotvicích prvků základací lišty.
2. Jisté poškození oplechování atiky.
3. Možné poškození povrchové úpravy výplní otvorů (dveří, vrat) při odstraňování izolantu.
4. Vytvoření velkého množství odpadu.

Po odstranění původních vrstev by bylo vytvořeno nové souvrství za použití certifikovaných materiálů kvalitativní třídy A. Použití stejných typů materiálů je možné (kromě hmoždinek). Doporučuje se použít takový typ hmoždinek, který redukuje tepelný most. Například zápuštná hmoždinka s krytkou nebo „zavrtávací“ křídlová hmoždinka od Hilti.

3.2 Odstranění původních hmoždinek a nahrazení jiným typem s redukováným tepelným mostem

Tato varianta počítá s mechanickým odstraněním stávajících hmoždinek. Postup by spočíval v termografickém zaměření a následném zaznačení kotev na fasádě, odvrtání povrchové úpravy a následným vytržením hmoždinky z podkladu.

Pro mechanické kotvení ETICS budou použity nové hmoždinky takového typu, který redukuje tepelný most. Například zápuštná hmoždinka s krytkou, nebo „zavrtávací“ křídlová hmoždinka od Hilti. Umístění nových hmoždinek je uvažováno do původních otvorů, nebo do nově vyvrtaných kotevních míst v případě, že původní místo je vlivem demontáže nadměrně deformováno. V případě deformace izolantu bude zapotřebí pečlivě vyřezat okolí deformovaného izolantu (např. rozměr 100 x 100 mm) a vložit do takto vzniklého otvoru izolant stejného typu.

Nakonec bude nutné zhotovit novou finální vrstvu zateplovacího systému v celé ploše (lepící stěrka + armovací tkanina + finální omítkovina).

Kritické předpoklady:

1. Možné poškození tvárnic nosného obvodového pláště z tvárnic Porotherm 30 P+D při odstraňování (vytrhávání) kotev.
2. Jisté poškození izolantu (deformace v okolí původních hmoždinek).
3. Riziko opomenutí některé kotvy v ploše.

3.3 Přídavná akumulární vrstva omítky

Tato varianta vznikla na základě telefonické konzultace problému s autorem publikace [1] Ing. Romanem Šubrtem. Spočívá v nanesení (akumulační) vrstvy omítky v tl. 15 mm na stávající souvrství. Tato akumulární vrstva má zajistit eliminaci tepelného mostu vzniklého stávajícími hmoždinkami.

Kritické předpoklady:

1. Nanášení jiných než tenkovrstvých omítek na vnější povrch již hotového systému ETICS je ve stavební praxi záležitost ojedinělá a nevyzkoušená.

3.4 Přídavná vrstva tepelného izolantu

Řešení spočívá ve zhotovení další vrstvy ETICS na již stávající souvrství. Takto sestavený systém již nebude mechanicky kotven, pouze přilepen PUR Pěnou. Výhodou je možnost pečlivějšího provedení zateplení kritických detailů ostění s využitím principů uvedených v [4]. Kvalitu stavebních prací je možno dodatečně ověřit diagnostickými metodami popsanými v [5]. Postup:

1. Odstranění okenních parapetů a ostatních prvků na fasádě.
2. Stávající povrch bude zbaven nečistot (omytí tlakovou vodou).
3. Po vysušení bude tepelný izolant (např. EPS s přidávkou grafitu) nalepen za pomoci certifikované PUR pěny (např. Ceresit CT 84 Express).
4. Po zatvrdnutí PUR Pěny (2 hod) a vyrovnaní povrchu následuje nanesení lepící stěrky + armovací tkaniny a další vrstvy lepící stěrky. Součástí bude řešení detailů za pomoci doplňků – rohovníky, ukončovací lišty, okapní lišty.
5. Následuje technologická přestávka pro vyzrání lepící stěrky – 36 hodin.
6. Penetrace a nanesení finální omítkoviny.

Kritické předpoklady:

1. Použití příliš malé tloušťky izolantu, používané jako zátky talířů hmoždinek, (10 mm) vede k potlačení, nikoli jistému vyloučení jevu vzniku skvrn. Při určité kombinaci vnější teploty a vlhkosti se skvrny mohou objevit, byť v minimální míře. Čím větší bude tloušťka použitého tepelného izolantu, tím větší eliminace tepelného mostu. S rostoucí tloušťkou se významně snižuje pravděpodobnost vzniku skvrn.

2. Při použití příliš malé tloušťky izolantu mohou nastat potíže při realizaci (riziko tvarové nestálosti při provádění).

4 MODELÝ TEPLOTNÍCH A VLHKOSTNÍCH POLÍ

Byly zpracovány modely teplotních a vlhkostních polí sloužící k porovnání stavů, které mohou nastat v obvodovém plášti za různých klimatických podmínek. Modelování viz problematika v dílčí části příspěvku [6]. Modely byly vytvořeny pomocí programu Area a CUBE 3D od firmy Svoboda Software [3].

4.1 Stávající stav – normové podmínky

Normové podmínky pro danou oblast podle ČSN 73 0540 reprezentují tyto parametry:

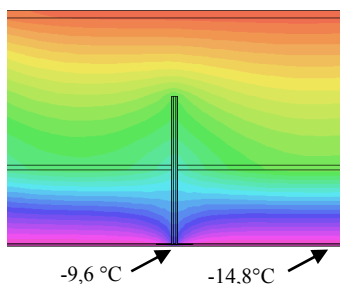
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\Phi_{ai} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost v interiéru $\varphi_i = 50\text{ }\%$.

Teplota na vnější straně $\Phi_e = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$, relativní vlhkost v exteriéru $\varphi_e = 84\text{ }\%$.

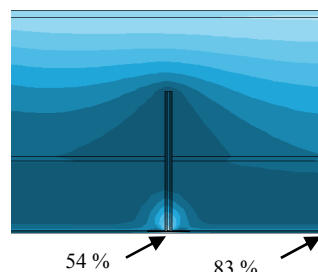
Součinitel tepelné vodivosti materiálu (zdivo bez omítek) $\lambda_u = 0,26\text{ W/mK}$ [8]

4.1.1 Výsledek modelování

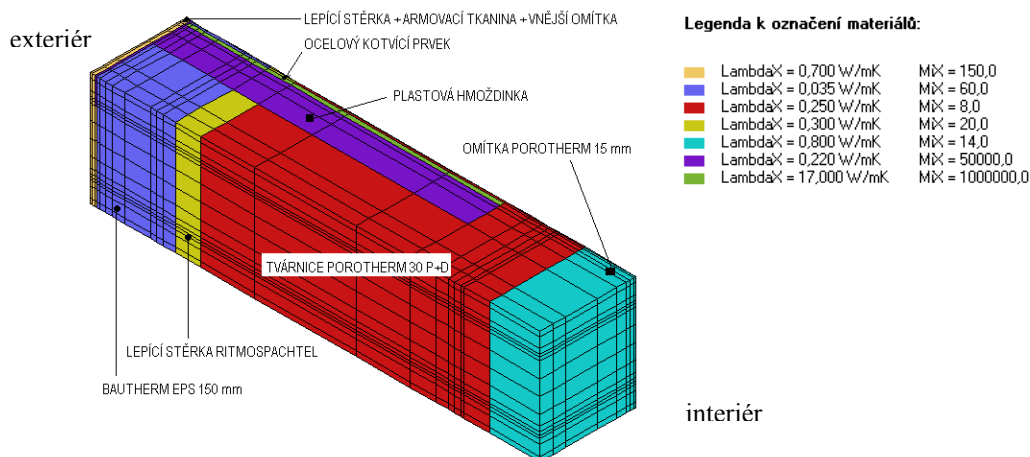
Detail teplotního pole v oblasti hmoždinky viz Obr. 6, detail rozložení vlhkosti viz Obr. 7, 3D výřez materiálu viz Obr. 8, 3D výřez teplotního pole viz Obr. 9, 3D izotermie viz obr 10.



Obr. 6: Průběh teplot v oblasti hmoždinky; normové podmínky



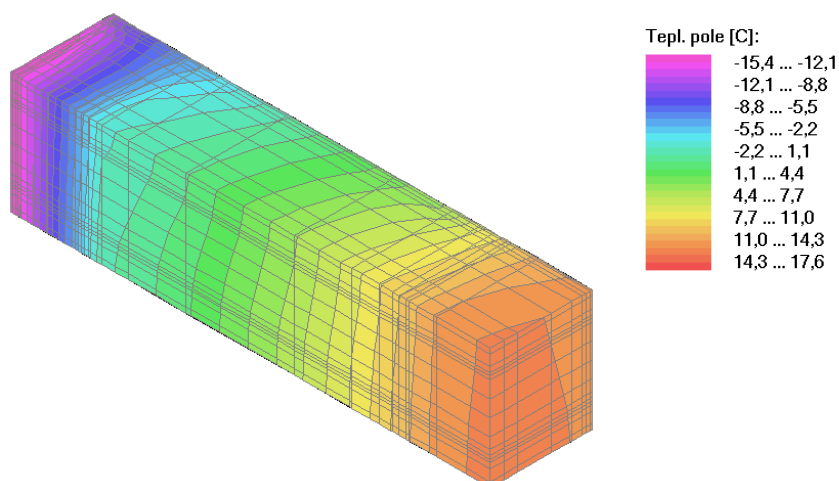
Obr. 7: Průběh vlhkosti v oblasti hmoždinky; normové podmínky



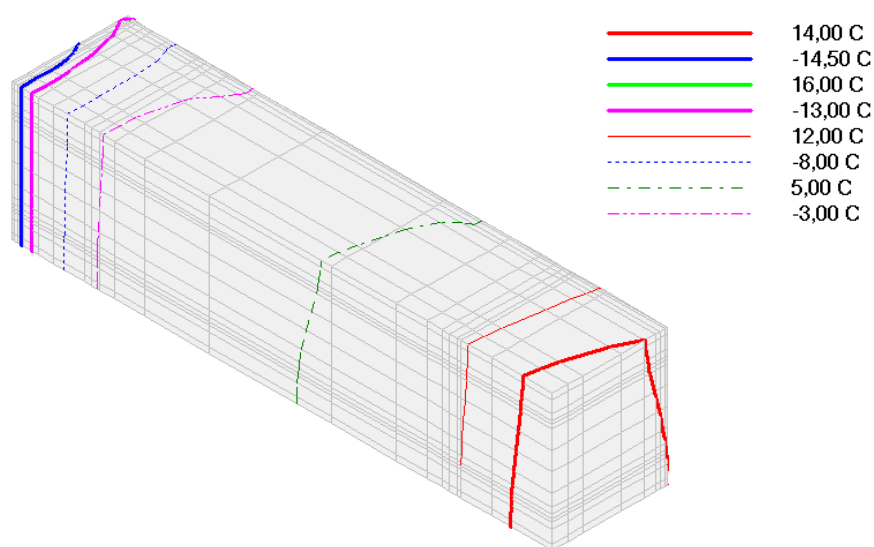
Obr. 8: 3D výřez materiálu v oblasti hmoždinky [3]

Poznámka:

Grafické 3D výstupy z programu CUBE 3D jsou mírně zkresleny oproti modelované skutečnosti. Výsledný vzhled výstupů závisí na nastavení souřadnicového systému. Např. EPS má ve skutečnosti tl. 150 mm a omítka Porotherm 15 mm => měřítko výstupu je zkresleno viz Obr. 8.



Obr. 9: 3D výřez teplotního pole v oblasti hmoždinky [3]



Obr. 10: 3D izotermy v oblasti hmoždinky [3]

Poznámka: výše uvedené výstupy z programu CUBE 3D zobrazují vliv kotvy na průběh teplot v konstrukci.

4.2 Stávající stav – zvýšená vlhkost v interiéru

Na základě zjištěné skutečnosti během prohlídky byla relativní vlhkost v interiéru zvýšena v tomto modelu na 90 %. Důvodem byla zvýšená vlhkost od nedávno provedených podlah uzavřená v nevětraném objektu.

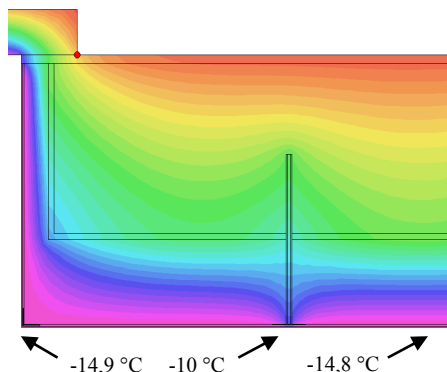
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\Phi_{ai} = 21$ °C, relativní vlhkost v interiéru $\varphi_i = 90$ %.

Teplota na vnější straně $\Phi_e = -15$ °C, relativní vlhkost v exteriéru $\varphi_e = 84$ %.

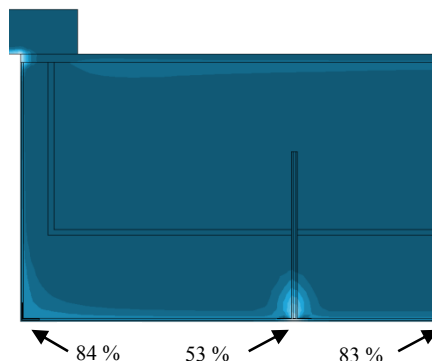
Součinitel tepelné vodivosti materiálu (vlhké zdivo) $\lambda_u = 0,95$ W/mK [9]

4.2.1 Výsledek modelování

Odpověď na otázku jak se změni poměry v konstrukci při zvýšené vlhkosti v interiéru, která zde je přítomna během dokončovacích prací na podlahách dává detail teplotního pole v oblasti hmoždinky, jak je patrný na Obr. 11, detail rozložení vlhkosti můžeme pozorovat na Obr. 12. Předpoklad zvýšení teploty na povrchu vlivem vlhkosti difundující skrz konstrukci se potvrdil, nicméně není nijak významný.



Obr. 11: Průběh teplot v konstrukci; zvýšená vlhkost v interiéru



Obr. 12: Průběh vlhkosti v konstrukci; zvýšená vlhkost v interiéru

4.3 Navrhovaná úprava – EPS tl. 10 mm – normový stav

Normové podmínky pro danou oblast podle ČSN 73 0540 reprezentují tyto parametry:

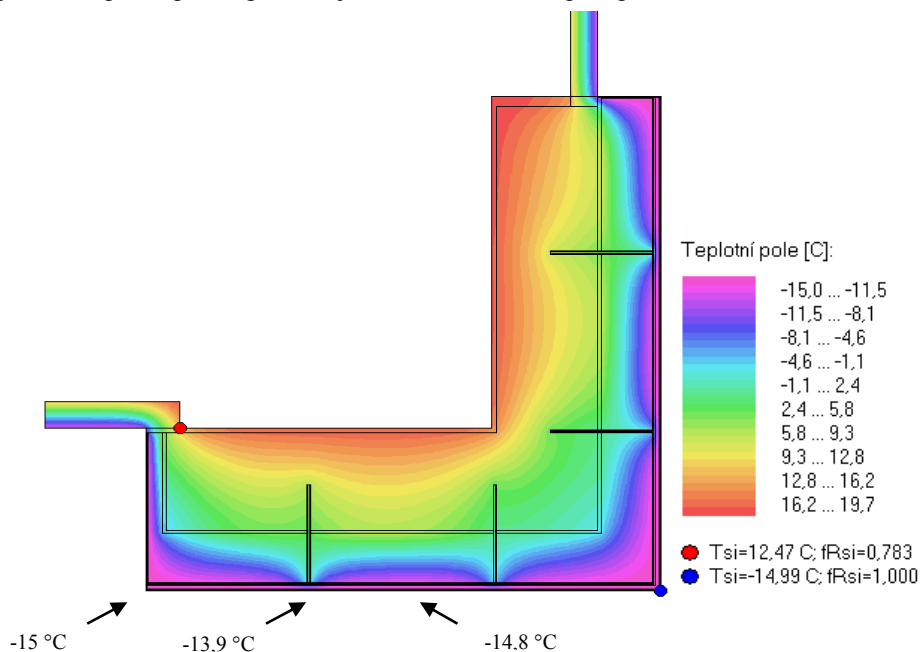
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\Phi_{ai} = 21\text{ °C}$, relativní vlhkost v interiéru $\varphi_i = 50\text{ %}$.

Teplota na vnější straně $\Phi_e = -15\text{ °C}$, relativní vlhkost v exteriéru $\varphi_e = 84\text{ %}$.

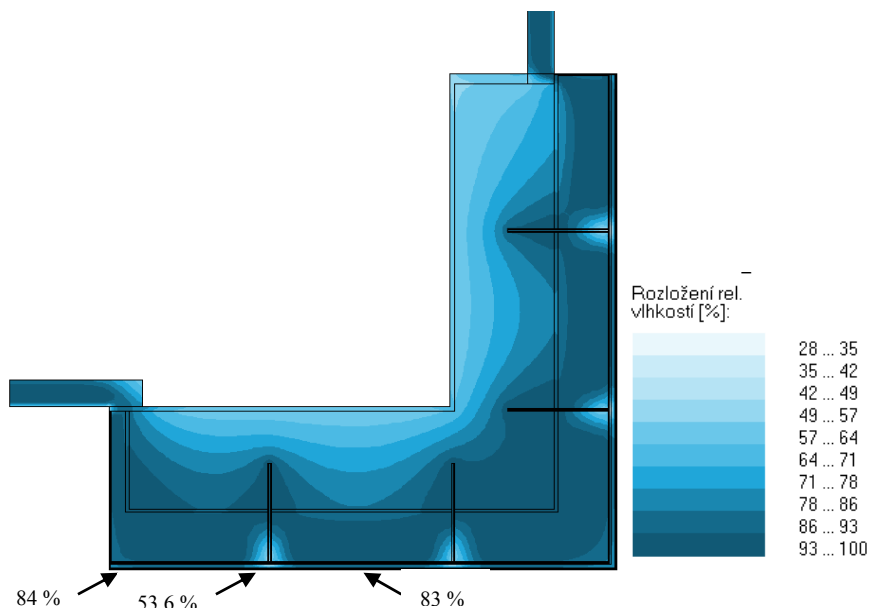
Součinitel tepelné vodivosti materiálu (zdivo bez omítek) $\lambda_u = 0,26\text{ W/mK}$ [8]

4.3.1 Výsledek modelování

Výsledné teplotní pole reprezentuje Obr. 13, vlhkostní pole pak Obr. 14.



Obr. 13: Průběh teplot v modelovaném koutu, stav s EPS tl. 10 mm; normové podmínky



Obr. 14: Průběh vlhkostí v modelovaném koutu, stav s EPS tl. 10 mm; normové podmínky

4.4 Navrhovaná úprava – omítka tl. 15 mm – normový stav

Normové podmínky pro danou oblast podle ČSN 73 0540 reprezentují tyto parametry:

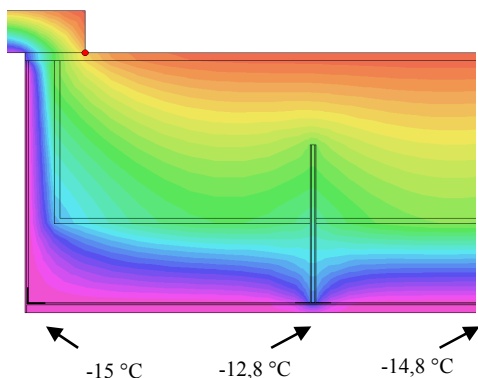
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $\Phi_{ai} = 21\text{ °C}$, relativní vlhkost v interiéru $\varphi_i = 50\text{ %}$.

Teplota na vnější straně $\Phi_e = -15\text{ °C}$, relativní vlhkost v exteriéru $\varphi_e = 84\text{ %}$.

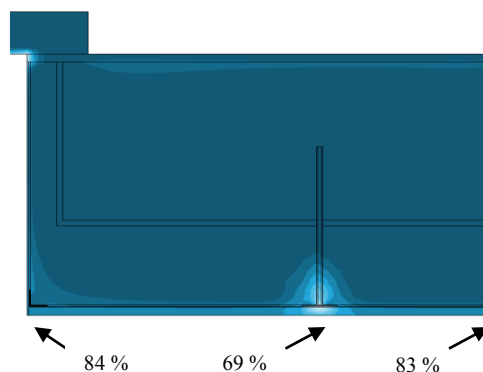
Součinitel tepelné vodivosti materiálu (zdivo bez omítek) $\lambda_u = 0,26\text{ W/mK}$ [8]

4.4.1 Výsledek modelování

Detail teplotního pole v oblasti hmoždinky viz Obr. 15 a detail rozložení vlhkostí viz Obr. 16.



Obr. 15: Průběh teplot v konstrukci, stav s omítkou tl. 15mm; normové podmínky



Obr. 16: Průběh vlhkostí v konstrukci, stav s omítkou tl. 15mm; normové podmínky

5 ZÁVĚR

Pro řešení stavu posuzované problematiky je doporučeno po pečlivé úvaze a zhodnocení všech okolností, kritických předpokladů, finančních nákladů a výsledků měření a také po konzultaci s dalšími odborníky na stavební a tepelnou techniku, problematiku vlhkosti staveb a prostředí staveb (doc. Ing. Jaroslav Solář, Ph.D., Ing. Iveta Skotnicová, Ph.D.) **realizovat opatření popsané v kapitole 3.4.**

LITERATURA

- [1] ŠUBRT, R.: Kontaktní zateplení z pohledu tepelných mostů hmoždinkami a jejich prokreslování I, II. *Stavebnictví* 2011.
- [2] Projektová dokumentace Rodinný dům Budišovice – řez A-A', Půdorys 1. NP, Detail okna u podlahy; zpracovatel Ing. Jiří Blažej – projektová kancelář, 725 26 Ostrava – Krásné Pole.
- [3] AREA 2009, CUBE 3D 2009, Svoboda Software.
- [4] ORAVEC, P., JAŠEK, M. Efficiency of various approaches used in the installation of doors and windows. In *Mladý vedec 2009*, Košice: TU Košice, 2009, ISBN 978-80-553-0176-1.
- [5] ORAVEC, P., GALDA, Z. Application of modern diagnostic method in Civil Engineering. International conference on Military Technologies 2011 – Brno. Brno: University of Defence in Brno, 2011, s. 125–132, ISBN 978-80-970171-0-1.
- [6] HAMALA, M., KOZÁKOVÁ, M. Masonry buildings saved of the steel pre-stressed cables; problem analysis of the steel anchor location. International conference on Military Technologies 2011 – Brno. Brno: University of Defence in Brno, 2011, s. 525–538, ISBN 978-80-970171-0-1.
- [7] KRAULICH, V. Termoprecipitace a její vliv na kvalitu povrchů fasád. *Dektime 02/2010*, s. 24-28.
- [8] POROTHERM: Podklady pro navrhování 13. vydání.
- [9] <http://www.tzb-info.cz/povodne/6500-budovy-po-povodnich-a-zateplovani>.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.

Doc. Ing. František Kulháněk, CSc., Katedra konstrukcí pozemních staveb, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.